



1 de octubre de 2013 | Vol. 14 | Núm. 10 | ISSN 1607 - 6079

# ARTÍCULO

## MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA EN MÉXICO

*Oscar Monroy Hermosillo*

## MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA EN MÉXICO

### Resumen

La planeación por cuencas es sustancial para el manejo sustentable del agua. En donde se genera se debe preservar y usar. A partir de este paradigma se plantean dos estrategias para la conservación del recurso: una es aumentar la captación y otra es reducir la extracción. A partir de ellas se plantean acciones y se resaltan las tecnologías que hace falta desarrollar en México para alcanzar la sustentabilidad. Es necesaria una política pública para pasar del bombeo, que es la única tecnología actual para manejar el agua,

a una variedad de tecnologías para incrementar su captación, uso eficiente, tratamiento y reuso. Hay que conjuntar las políticas de manejo de agua, producción de alimentos, de vivienda y empleo para que con la participación pública se alcance para todos un digno nivel de vida. Se ejemplifica esta política con una propuesta de gestión del agua en el DF como parte de la cuenca del Valle de México.

“

No podemos seguir usando el agua como si fuera un recurso renovable e inagotable pues mediante el ciclo natural ya no se renueva a la velocidad que se requiere.

”

**Palabras clave:** Planeación, cuencas, tratamiento descentralizado, segregación de efluentes, participación pública, equidad.

### SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT IN MÉXICO

#### Abstract

*National planning based on drainage basins is part of the sustainable water management. Water should be kept and used where it is generated. Based on this paradigm two strategies for the conservation of the resource are proposed; one is to increase water capture and the other is to reduce extraction; from both strategies, actions are derived and the technologies that need to be developed in order to reach sustainability are highlighted. From pumping as the sole technology for water management we have to move to a variety of technologies for increasing its capture, its efficient use, its treatment and reutilization. To reach a dignified life level for everyone, unified policies in water management, food production, housing and employment are needed. These concepts are exemplified with a project for sustainable water management in México City at the Valley of Mexico watershed.*

**Keywords:** *Planning, drainage basin, decentralized treatment, effluent segregation, public involvement, equity.*

## MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA EN MÉXICO

### Introducción

Dedicado a la memoria del Arq. Jorge Legorreta y de Noé Salomón Vázquez Ortiz, quien fue asesinado por defender el agua de su comunidad.

Y a los yaqui que justamente defienden su agua y tierra.

La sustentabilidad para nuestro futuro común, que adelantan los editores de este número, debe buscar la equidad aquí, ahora y al futuro. Es decir, para ser global, la sustentabilidad debe ser local y debe repartir a todos por igual. Así, propongo la siguiente definición, retomando la del Reporte Brundtland (1987) pero con una adición: *"desarrollo sustentable es el desarrollo equitativo que cumple las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para cumplir sus propias necesidades"*.

La sustentabilidad representa un cambio de paradigma en el manejo y aplicación de los recursos. Hasta ahora hemos buscado la rentabilidad como guía de las actividades productivas, sin embargo en la sustentabilidad los proyectos no sólo deben ser rentables sino también ser incluyentes y por lo tanto se requiere repensar toda nuestra actividad económica y tecnológica.

De esta manera, la sustentabilidad del agua pasa por la conservación de sus fuentes, la lluvia, acuíferos, lagos y ríos, los bosques, la energía para manejarla, la agricultura, la ganadería y por tanto por la alimentación, por la urbanización y por la industria. No podemos seguir usando el agua como si fuera un recurso renovable e inagotable pues mediante el ciclo natural ya no se renueva a la velocidad que se requiere. El cada vez mayor agotamiento y la contaminación de los acuíferos y fuentes superficiales de agua (CONAGUA 2010) son una consecuencia su uso mercantil: obtener la máxima cantidad de agua al mínimo costo.

Para el uso sustentable del agua se debe hacer la planeación del país por cuencas bajo dos principios básicos:

1. Conservar y usar los recursos de la cuenca dentro de la cuenca. Esto implica que cada una de éstas se desarrollará de acuerdo a sus recursos, considerando que debe haber intercambio con otras cuencas. Así no crecerá a sus expensas, ni se limitará su desarrollo por extracción de sus recursos.
2. El agua potable deberá ser para consumo humano directo o a través de alimentos procesados, y todas las otras actividades deberán basarse en el tratamiento y reuso de agua.

Entonces, para recuperar y mantener las reservas de agua dentro las cuencas tenemos dos estrategias y varias acciones (cuadro 1).

Cuadro 1. Estrategias para la conservación del agua en las cuencas.

	A. Aumentar la recarga	B. Disminuir la extracción
1	Natural (aumentar área de recarga)	Reducir pérdidas de la red de agua potable
2	Artificial (captura lluvia, tratamiento, inyección y almacenamiento)	Reducir las demandas doméstica e industrial
3	Artificial (tratamiento de aguas grises, inyección al acuífero)	Armonizar la demanda agrícola y urbana

La aplicación de estas acciones de conservación de cuencas se ilustrará con el caso de la Cuenca del Valle de México, particularmente del Distrito Federal. El cuadro 2 muestra esta entidad en el contexto de la cuenca completa. Es importante analizarla por separado debido a la capacidad que tiene para preceder en las soluciones que necesita la metrópoli.

Cuadro 2. El DF como parte de la cuenca del Valle de México.

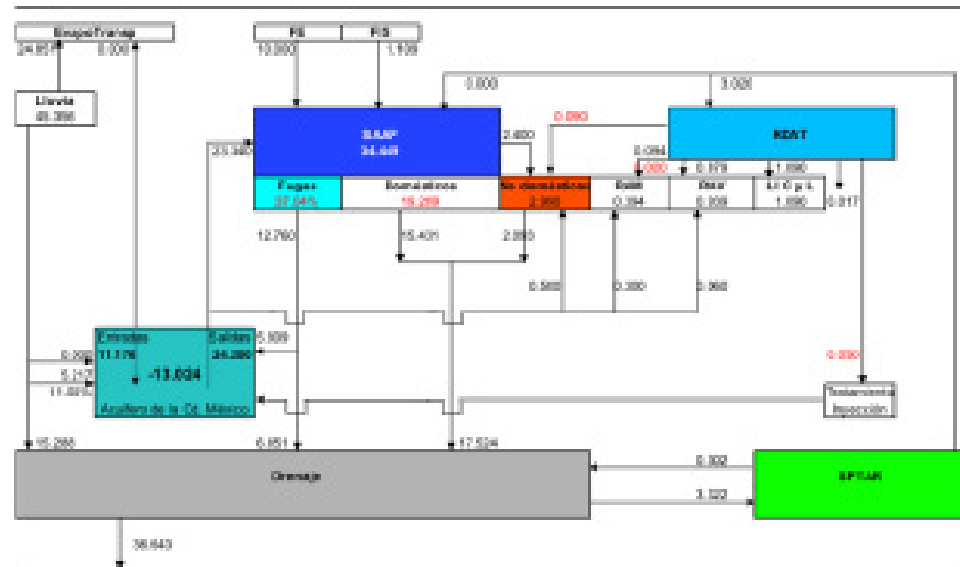
	DF	Valle de México
Superficie (km <sup>2</sup> )	1,547	9,600
Habitantes (10 <sup>6</sup> )	8.7	20
Lluvia (mm/año, m <sup>3</sup> /s)	781, 36	605, 185
Abastecimiento agua (m <sup>3</sup> /s)	34.5	66.5
Basura (T/d)	12,000	36,000

Un balance de agua en el Distrito Federal (figura 1) muestra un déficit del acuífero de 6 m<sup>3</sup>/s (metro cúbico por segundo) que ha causado un secado de las arcillas del subsuelo y la consecuente subsidencia del Valle de México (Burns *et al*, 2009), y que obedece a las siguientes causas:

1. La Ciudad de México, D.F., está perdiendo su área de recarga natural por el crecimiento urbano, planeado y espontáneo, pues solamente el 11% de la lluvia queda atrapada en el acuífero (5 m<sup>3</sup>/s) mientras que el 34% se pierde como escurrimientos urbanos en el drenaje.
2. El sistema de distribución del agua (34.5 m<sup>3</sup>/s) se obtiene de dos clases de fuentes, las externas (29%), traídas desde el sistema Lerma y Cutzamala; y la interna, principalmente extraída del acuífero (68%).

- Las fugas en la red de agua potable representan 35% de pérdidas netas de las cuales 5.5 m<sup>3</sup>/s encuentran su camino de regreso al acuífero y las más superficiales van al drenaje.
- El consumo doméstico e industrial de agua (15 y 3 m<sup>3</sup>/s respectivamente) produce un agua residual que al juntarse con las pérdidas de agua en la red y los escurrimientos de agua de lluvia suma 36 m<sup>3</sup>/s. Este caudal es dispuesto en las regiones agrícolas de los Valles de Alfayucan y del Mezquital, en donde es usada ineficientemente con láminas de riego mayores a 3 m/año.
- Únicamente un caudal de 3.3 m<sup>3</sup>/s (alrededor del 10% del agua del drenaje) es usado en el riego agrícola metropolitano (Tláhuac y Xochimilco), llenado de canales de Xochimilco y de lagos artificiales como Chapultepec y San Juan de Aragón. En época de lluvia, estas plantas se cierran por lo que se dice que su eficiencia operativa es de menos del 50%.

Figura 1. Balance hídrico en el Distrito Federal. Las cifras están en m<sup>3</sup>/s. RDAT: red de agua tratada; RAM: riego agrícola metropolitano; RAV: riego de áreas verdes; LLCyL: llenado de canales y lagos; SPTAR: sistema de tratamiento de aguas residuales.



## Acciones para aumentar la captación o recarga de agua en las cuencas

En resumen, las acciones que a partir del cuadro 1 se proponen para el DF son:

### Aumentar la recarga

- Un estudio del área de recarga natural muestra que con un apropiado manejo de cuencas todavía puede recuperarse superficie para aumentar la recarga natural con otros 4.3 m<sup>3</sup>/s de lluvia en las sierras que rodean al D.F. (Sierra Nevada, Chichinautzin, Ajusco y las Cruces) con un adecuado manejo forestal y saneamiento de los ríos y cauces que alimentan el DF. Por ejemplo, de los ríos Amecameca o La Compañía es posible recuperar 2.6 m<sup>3</sup>/s para reusarlos en la subcuenca de 1000 km<sup>2</sup> (Burns E., 2010).

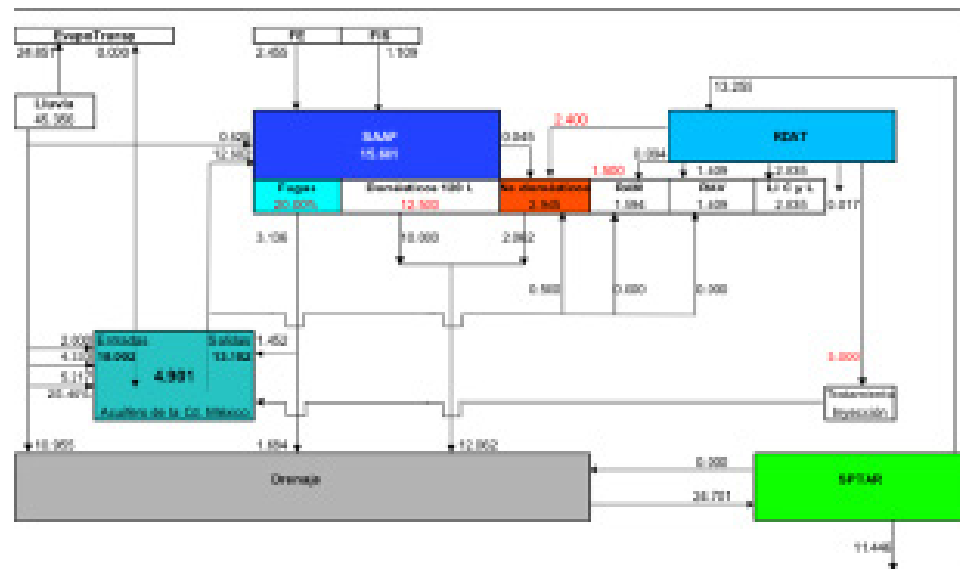
2. Recuperar, tratar e infiltrar alrededor de 2 m<sup>3</sup>/s de agua de lluvia de los grandes techos y avenidas de las zonas inundables de la ciudad.
3. Tratar entre 3 y 5 m<sup>3</sup>/s de agua residual hasta nivel de potabilización para inyectarla al acuífero y almacenarla al menos un año antes de su uso. Frenar el hundimiento de la ciudad y la formación de grietas.

### Disminuir la extracción

1. Instalar un sistema de medición y control de presión y flujo en la red de agua potable. Así se pueden reducir las pérdidas del caudal manejado en el sistema de abastecimiento de agua potable a 20% (Galván *et al*, 2000), que al disminuir de acuerdo a las propuestas aquí presentadas pueden bajar a sólo 3 m<sup>3</sup>/s.
2. Incentivar el uso eficiente del agua doméstica e industrial introduciendo un nuevo sistema tarifario que cobre fuertemente por el agua usada por arriba de un uso de confort (100 a 120 L/hab.d). Esto estimularía el uso equitativo del agua a la vez que generaría un mercado de equipo de ahorro y uso eficiente del agua que permitiría ahorrar cerca de 5.5 m<sup>3</sup>/s de uso doméstico y 2.3 m<sup>3</sup>/s de uso industrial.
3. De acuerdo con CONAGUA (2013), el 70% del agua dulce disponible en México es para uso agrícola, por lo tanto la agricultura mexicana presenta la mejor oportunidad para optimizar el uso de agua. Sin embargo, las urbanizaciones han quitado el agua a las comunidades agrícolas y forestales de sus alrededores sacrificando, en el caso del DF, las áreas de reserva ecológica y recarga del acuífero. Es necesario que conserven el agua necesaria para mantener el equilibrio ecológico con la urbe. Por otro lado, debemos enviar agua tratada al Valle del Mezquital (11 m<sup>3</sup>/s) para permitir un riego más eficiente, como el goteo y la aspersión.

La figura 2 muestra que es factible la recuperación del acuífero y de la cuenca del Cutzamala al reducir de manera importante la dependencia que tiene el Valle de México en ella.

Figura 2. Balance hídrico en el DF después de acciones sustentables.

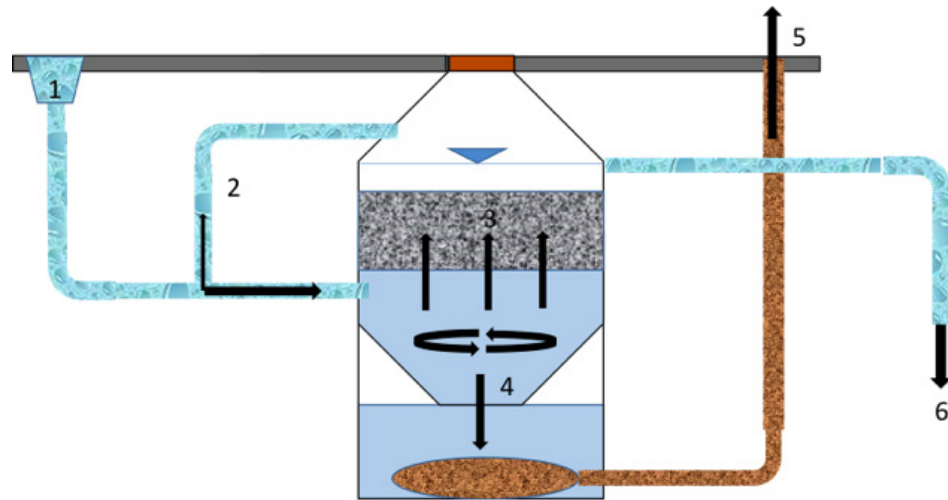


La manera de llevar a cabo la recuperación del acuífero depende de la tecnología disponible y la decisión social y política para empezar a hacerlo en la capital del país y extender estos principios al resto del país. He aquí algunos ejemplos de lo que se podría realizar.

- Para recuperar la recarga natural es necesario instalar comisiones de subcuenca para cada uno de los 51 ríos que alimentan la cuenca del Valle de México (Legorreta, 2009), para que ciudadanos y gobierno elaboren los planes hídricos respectivos y administren los proyectos de manejo de agua. Como las zonas agrícolas y forestales son una fuente importante de agua, deben ser preservadas con la misma agua. El sobrante puede ser usado para la zona urbana. Para esto se deben sanear y recuperar los cauces. Esta actividad, por generar un recurso de uso general, debe ser estimulada a través del pago de servicios ambientales.
- La recarga artificial se refiere a la recuperación de lluvia y agua residual en las ciudades para su infiltración al acuífero previo tratamiento. Se requeriría empezar por tratar 2 m<sup>3</sup>/s agua de lluvia. Sin embargo, existen tres dificultades: su composición, la irregularidad de sus flujos y el desconocimiento del subsuelo.
- Si bien el agua de lluvia es limpia, el contacto con la atmósfera y con superficies la contamina y debemos tener métodos de tratamiento que en poco tiempo de residencia puedan eliminar sólidos suspendidos (hojas, excretas de animales, microorganismos y, si proviene del suelo, el material de abrasión de llantas, frenos y convertidores catalíticos que se llegan a disolver Zn, Cu, Cd, Cr, Pt, Pb). Los sólidos disueltos son óxidos de azufre y de nitrógeno, amoníaco, compuestos orgánicos volátiles (benceno y poliaromáticos, aditivos de las gasolinas en concentraciones de 20 a 70 µg/L medidas como carbono orgánico total).
- La irregularidad de los flujos afecta las dimensiones del equipo y el mantenimiento, pues sólo llueve en cuatro o cinco meses del año (CONAGUA 2010). En estos periodos, la intensidad de las lluvias tiene variaciones importantes. A manera de ejemplo para el Valle de México, Jáuregui (1998) reporta precipitaciones máximas de 80 mm/día y en 2006 la SMA reportó 280 mm/día. Para poder infiltrar 2 m<sup>3</sup>/s se necesitarían cerca de 2000 pozos en el área urbana capaces de infiltrar 1.6 m<sup>3</sup>/s en momentos de lluvia intensa.

Estas dificultades plantean retos a la ingeniería ambiental para la sustentabilidad y al diseño de filtros para el agua de lluvia captada en techos y avenidas. En principio, el tratamiento a pie de pozo podría consistir en una filtración rápida de arena, adsorción e intercambio iónico (Athanasiadis et al, 2006; Hatt *et al*, 2006), dejando al subsuelo la filtración de microorganismos (figura 3). Para ubicar los pozos hay que tener conocimiento de la geología y geofísica de nuestros subsuelos como perspectiva de recarga.

Figura 3. Instalación para tratamiento de agua de lluvia para infiltración. 1. Colector, 2. Desvío de demasías, 3. Medios filtrante y de adsorción, 4. Hidrociclón, 5. Eliminación de sólidos, 6. Efluente.



## Tratamiento descentralizado de aguas residuales para la infiltración

Para hacer sustentable la potabilización del agua de infiltración y el manejo de la basura en la Ciudad de México se requiere:

a) Recuperar la energía química de la materia orgánica mediante el tratamiento anaerobio junto a las aguas residuales (AR) y la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (Ramírez F. *et al*, 2013).

b) Dar un tratamiento descentralizado para que con redes locales de drenaje y de agua tratada se maneje este recurso para su reuso *in situ*.

c) Aprovechar la temperatura del agua residual doméstica.

d) Minimizar el mantenimiento de drenajes y de viajes de recolección de basura. Por ejemplo, dividiendo la Ciudad de México en polígonos de un millón de habitantes (figura 4) se podrían instalar nuevas plantas para tratar 500 T de FORSU y 1.15 m<sup>3</sup>/s con un radio de servicio de 5 km.

Figura 4. Regionalización del DF para el tratamiento de sus residuos orgánicos (Viniégra G, 2011).





De esta manera el agua tratada puede destinarse a servicios públicos, industriales o, previo tratamiento avanzado, infiltrarse al acuífero. Las plantas deben ser muy compactas (Plascencia et al, 2013) y con control de olores para evitar molestias al público, ya que deben estar ubicadas en medio de la urbe.

## Acciones para disminuir la extracción de agua de sus fuentes

### Reducción de pérdidas en la red de agua potable

Pérdidas del orden del 35%, como las de la Ciudad de México (caudal igual a lo que se importa a través del sistema Lerma-Cutzamala) hacen una de las grandes deudas de los municipios a sus habitantes y por lo tanto un compromiso ineludible hacia la sustentabilidad. Como el crecimiento de las ciudades carece de planeación, la distribución del agua es inequitativa e imprevisible. Se debe trabajar entonces por construir modelos de distribución de agua urbana con un mínimo de pérdidas y una máximo de cobertura equitativa, con información instantánea de las pérdidas de presión y control de flujo con válvulas operadas teleméricamente. Parece muy caro, pero, con los caudales que se pierden improductivamente en todo el país, aquí hay una gran oportunidad de empleo innovador (cuadro 3).

Cuadro 3. Requisitos para un sistema de minimización de pérdidas en las redes de agua potable (Galván *et al*, 2000).

- 
1. Sectorización de las redes (mediante circuitos primarios, secundarios y terciarios).
  2. Detección de fugas no visibles en la red secundaria de agua potable mediante catastro técnico del sistema que contenga información:
    - a. social (planos urbanos, densidad y distribución socioeconómica de la población, uso del suelo, registro de usuarios, zonas de consumo)
    - b. física (corrosividad del suelo, fallas y fracturas, zonas de hundimientos y levantamientos, carga por tráfico)
    - c. red de distribución (ubicación y operación de válvulas, tipo y edad de tuberías y válvulas, conexiones y profundidad de tendido, calidad de agua en intersecciones importantes)
    - d. operación hidráulica (zonas de presión, caudales, velocidades, distribución y operación de pozos y tanques de regulación).
    - e. automatización telemétrica
      - para monitoreo y control continuo de las presiones en la red de distribución
      - sistema de información geográfico para disposición inmediata de toda la información adquirida y generada.
      - medición gasto (macro y micro)
      - sistema de información público sobre el estado de la red
  3. Participación ciudadana en el cuidado de la red, en la micromedición y en el control de la calidad del agua.
-

## Reducción de la demanda doméstica

Para poder distribuir equitativamente el agua potable entre toda la población es necesaria una reducción de la dotación de agua sin sacrificar el confort, así como la creación de estrategias que permitirían reducir hasta en un 35% el consumo doméstico. Una de estas estrategias consiste en la distribución equitativa mediante un sistema tarifario que promueva el ahorro y la cosecha de agua de lluvia en el hogar haciendo uso de tecnologías (desde regaderas a presión hasta WC a vacío y mingitorios secos, separación de efluentes y tratamiento para recirculación). Se ha visto que es posible consumir cómodamente 120 L/hab/d (Cuadro 4).

Cuadro 4. Usos domésticos del agua (consumo confort, L/hab/d). \*Usando mingitorios y baños a vacío, SACM (2011): proyección del Sistema Aguas de la Ciudad de México, encuesta en Sneek, Holanda, (Zeeman *et al*, 2008).

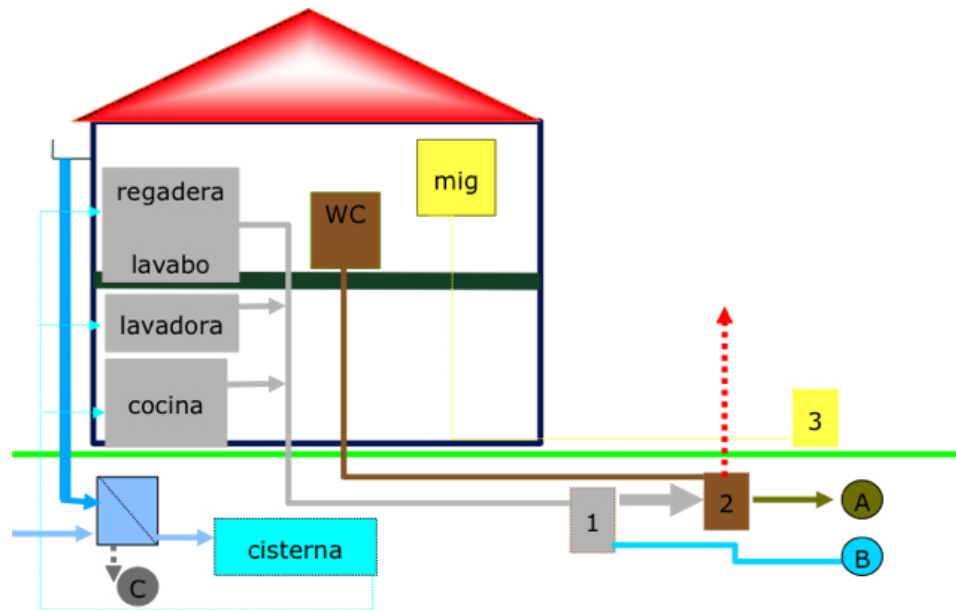
FUENTE	SACM	Holanda
WC	18	11.4 (5)*
Regadera	20	52.3
Lavamanos	7.5	5.3
Lavadora	20	17.2
Cocina	15	13.8
Limpieza casa	16	10
<b>TOTAL</b>	<b>96.5</b>	<b>110 a 104</b>

Además del ahorro de agua se busca facilitar el tratamiento para el reuso y la recuperación de energía y nutrientes (figura 5). Esta estrategia se puede empezar a aplicar desde ahora, especialmente en nuevos edificios y unidades habitacionales, hoteles y centros comerciales que pueden implementar estas tecnologías. La segregación de efluentes permite abatir los costos de tratamiento, pues en la corriente del WC (agua café) se concentra la mayor parte de la materia orgánica y de los microorganismos fecales, mientras que en el agua gris se tendrá entre el 40 y 45% de la materia orgánica (Cuadro 5).

De acuerdo con el cuadro 4, aproximadamente 100 L/hab/d corresponden a las aguas grises que mediante un tratamiento sencillo (aireación y microfiltración. L. Hernández *et al*, 2007), gracias a su baja cantidad de materia orgánica y nula carga de microorganismos fecales, pueden estar disponibles para reuso en servicios de limpieza y desalojo de WC (de 40 a 20 L/hab/d) y el resto para la industria, agricultura e infiltración.

El caudal de aguas cafés, de 20 a 10 L/hab/d sería tratado por digestión anaerobia en reactores compactos para producir energía (32 Whr/hab/d) y agua residual que requiere un postratamiento (Moreno *et al*, 2013).

Figura 5. Segregación y tratamiento de efluentes domésticos. 1. Aguas grises, 2. Aguas cafés, 3. Aguas amarillas.



Cuadro 5. Caracterización de las corrientes residuales domésticas.

	Agua café	Agua gris	Agua Amarilla
pH	8.8	8.4	4.4 – 8
g/L			
DQO <sub>T</sub>	9	0.724	9.6
AGV	1.5	-	0.04
C_HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.2		
N <sub>T</sub>	1.9	0.0263	7.4
N_NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.4	0.0027	0.3
P <sub>T</sub>	0.22	0.0072	-
P <sub>S</sub>	0.09		-
P_PO <sub>4</sub>	0.08	2.36	1.2
Detergentes		0.054	

El tratamiento de las aguas amarillas (orina diluida con una pequeña cantidad de agua y detergente), para la recuperación de nitrógeno y fósforo, representa el restablecer ciclos de convivencia sustentable entre la ciudad y el campo en vez de ser la primera el sumidero del segundo (figura 6). El tratamiento consiste en la hidrólisis de la urea y precipitación de P como estruvita (MgNH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>•6H<sub>2</sub>O). Una ventaja adicional es que se evita la contaminación del agua por productos farmacéuticos presentes en la orina (Espinoza *et al*, 2013).

El cuadro 6 muestra el tamaño relativo de los reactores que tratarían los efluentes segregados *in situ*. Se aprecia que el volumen de tratamiento es menor que el volumen de una planta de tratamiento del agua residual sin segregar.

Cuadro 6. Parámetros de diseño para tratamiento segregado.

Fracción del AR	F (L/hab.d)	Vr (L/hab)
Agua gris	90-100	7
Agua café	10-20	12
Agua amarilla	2	10
Agua s/segregar	120	50

El sobrante del reuso local del agua gris puede ser enviado a las plantas de tratamiento para infiltración y el efluente de las PTAC a las PTAR-FORSU para su tratamiento para riego agrícola.

#### Reducción de la demanda industrial

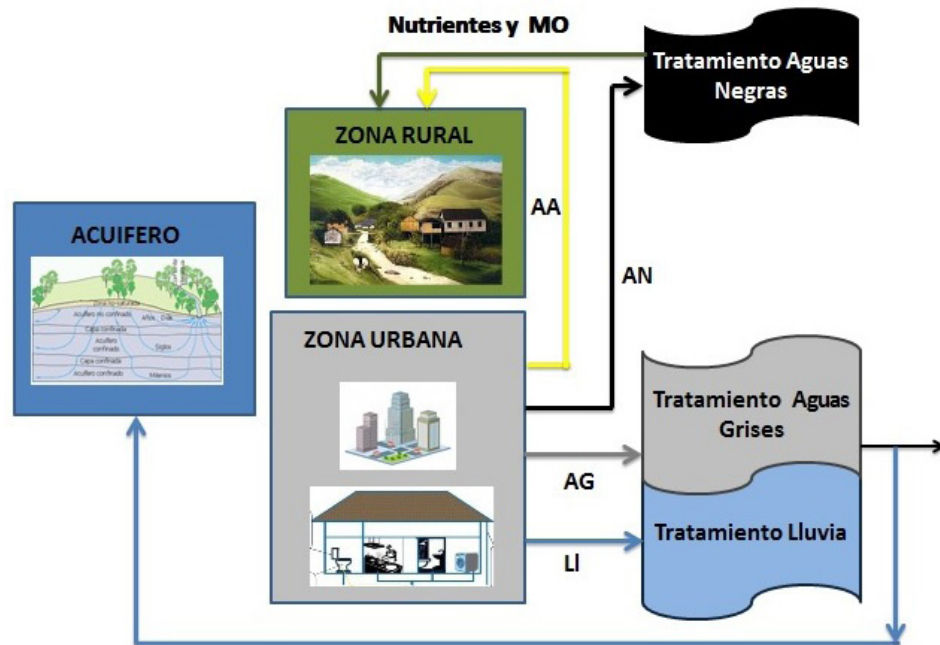
Para que la industria participe en la práctica de ahorro, cosecha de lluvia, separación, tratamiento y reuso, se puede introducir una tarifa de uso industrial del agua. Ésta se aplicará atendiendo a las especificidades de cada industria y podrá ser legible a través de unas condiciones particulares de abastecimiento, uso y descarga.

#### Armonización de las demandas agrícola y urbana

Mediante un estudio en los distritos de riego de Hidalgo (03 Tula, 08 de Metztlán, 28 de Tulancingo y 100 de Alfayucan) con un total de 81,100 hectáreas irrigadas con agua residual de la Ciudad de México, Arana O, (2010) de la Universidad Autónoma de Chapingo, muestra que se puede incrementar la producción en 180% a un costo de inversión de \$ 2,100 dólares/ha y con un ahorro de agua de 68% sobre el sistema actual por inundación. Por lo tanto el riego tecnificado, por aspersión, por goteo o mixto, es una oportunidad de aumentar la productividad agrícola con agua residual tratada.

Parte de esta demanda se puede hacer a través del intercambiando de agua potable por agua gris tratada. Esta es una solución para zonas agrícolas urbanas del DF en Tlahuac, Xochimilco, Milpa Alta y Cuajimalpa.

Figura 6. Intercambio de nutrientes entre campo y ciudad.



## Conclusiones

La planeación nacional se tiene que hacer por cuencas y aprovechar toda el agua de las cuencas dentro de sí mismas. Así, cuencas que tengan poco recursos de agua deberán orientar su crecimiento a las actividades económicas que permita la disponibilidad de agua.

Se deben ampliar los límites de la captación de agua de lluvia a todos los niveles, implicando reforestar lo que hemos perdido de bosques y ejercer una práctica que integre la silvicultura con la agricultura y la ganadería. En las ciudades se debe aprovechar el agua de lluvia para aliviar el uso de las reservas de agua.

Es posible producir más alimentos con menos agua mediante el riego por goteo. El tratamiento de aguas para regresarla a la naturaleza, cuerpos superficiales y subterráneos será necesario. Éste deberá ser sustentable energéticamente haciendo uso de la digestión anaerobia. El manejo debe ser regionalizado (descentralizado) y no deberá haber mezclas de agua industrial y doméstica.

En todas las ciudades de más de 100,000 habitantes deben reducirse a la mitad los volúmenes de pérdidas en la red de agua potable mediante monitorización telemétrica de flujos y presiones para actuar de inmediato. Es imprescindible hacerlo, sobre todo cuando se piensa que trasvasar agua de otras regiones puede ser solución. Habiendo hecho eficiente la red de distribución es posible dosificar, por predio, el agua que se requiere; ya sea industrial, doméstica o de servicios con base en tarifas que promuevan el ahorro.

Estas acciones implican un cambio en la manera de manejar el agua, mismo que será benéfico para la sociedad porque participará en la planeación, administración, implementación y supervisión de los proyectos de agua. Al hacer uso de las diversas tecnologías para la sustentabilidad se generará una economía basada en la satisfacción de necesidades primarias basadas en un recurso 🌱

## Bibliografía

- [1] ATHANASIADIS, K.; Helmreich, B.; Wilderer, P. A. (2006) Infiltration of a copper roof runoff through artificial barriers. *Water Sc. & Technol.* 54, 6/7, p281
- [2] BURNS E. (2010) *Plan Hídrico para las subcuencas Amecameca, La Compañía y Tláhuca-Xico*. Ed UAM-CCRAyC
- [3] CONAGUA (2008) Programa Nacional Hídrico 2007-2012, SEMARNAT
- [4] CONAGUA (2010) Estadísticas del Agua en México, SEMARNAT
- [5] ESPINOSA-CHAVEZ, G. Zeeman *et al.* (2013) "Ammonium production from urine" Proceedings of 13° World Congress on Anaerobic Digestion, junio, Santiago de Compostela, España.
- [6] GALVÁN, A., Gómez, E., *et al.* (2000) Estrategia para el manejo eficiente del agua en la Ciudad de México, Proyecto para la DGCOH del GDF, UAM.
- [7] HATT, B. E.; Siriwardene, *et al.* (2006) "Filter media for stormwater treatment and recycling: the influence of hydraulic properties of flow on pollutant removal" *Water Sc. & Technol.*, 54, 6/7: 263
- [8] L. Hernández Leal, G Zeeman, *et al.* (2007) "Characterization and biological treatment of greywater" *Water Sc. Technol.* 56,5:193-200
- [9] JÁUREGUI-OSTOS, E. (1998), Las precipitaciones extremas en la Ciudad de México, Cabina de Mando pp. 27-31
- [10] LEGORRETA J. (2010) *Ríos, lagos y manantiales del Valle de México*, Ed. UAM-SMA-GDF.
- [11] MORENO C., Ramirez F. y Monroy O. (2013) "Tratamiento de aguas cafés", XV Congreso Nacional SMBB
- [12] PLASCENCIA, R., Gómez, J., Monroy, O. (2013) "Integrated municipal wastewater treatment", Proceedings of 13° World Congress on Anaerobic Digestion, junio, Santiago de Compostela, España.

- [13] RAMIREZ-V F., A. de Jesús-R, *et al.* (2013) "Two-phase anaerobic digestion of municipal organic solid wastes" *Environmental Technology*.
- [14] SACM (2012), *El gran reto del agua en la Ciudad de México*, p. 157
- [15] Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal (2006) Informe Climatológico Ambiental del VM.
- [16] ZEEMAN G., Kujawa K., *et al.* (2008) "Anaerobic treatment as a core technology for energy, nutrients and water recovery from source-separated domestic wastewater," *Water Sc. Technol.* 57,8:1207-1212